

PCT/JP00/05518

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

17.08.00

EXU

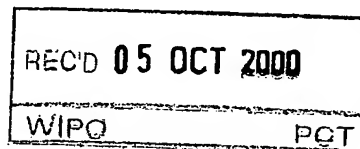
*[Handwritten signature]*

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年 8月11日



出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-245386

出 願 人  
Applicant (s):

日本ファーンセス工業株式会社

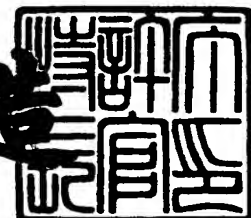
10/049492

PRIORITY  
DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 9月22日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3076058

【書類名】 特許願  
【整理番号】 DOM9919201  
【提出日】 平成12年 8月11日

---

【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 F27B 9/00  
【発明の名称】 低NOx燃焼方法並びにバーナ  
【請求項の数】 23  
【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県横浜市鶴見区尻手2丁目1番53号 日本ファ  
ーネス工業株式会社内  
【氏名】 須藤 淳

---

【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県横浜市鶴見区尻手2丁目1番53号 日本ファ  
ーネス工業株式会社内  
【氏名】 長谷川 敏明

【特許出願人】  
【識別番号】 000229748  
【氏名又は名称】 日本ファーマーネス工業株式会社

【代理人】  
【識別番号】 100087468  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 村瀬 一美  
【電話番号】 03-3503-5206

---

【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 002107  
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9712250

【プルーフの要否】 要

---

---

【書類名】 明細書

【発明の名称】 低 $\text{NO}_x$ 燃焼方法並びにバーナ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 理論空気量以上の燃焼用空気を用いる燃焼方法において、前記燃焼用空気を同一流量を真円のスロートから供給する場合に比べて比表面積が大きな噴流断面にして炉温が $800^{\circ}\text{C}$ 以上の炉内へ噴射すると共にこの空気噴流に向けて燃料を噴射させ、前記燃料噴流がその速度エネルギーを失う前に前記空気噴流に強い乱れを以て急速に混合されることを特徴とする低 $\text{NO}_x$ 燃焼方法。

【請求項2】 前記燃焼用空気は蓄熱メディアを介して排気される燃焼排ガスの熱を回収して前記燃焼排ガスの温度に近い高温に予熱されてから供給されるものであることを特徴とする請求項1記載の低 $\text{NO}_x$ 燃焼方法。

【請求項3】 前記燃焼用空気は、全体として扁平で肉厚の薄い噴流に形成されることを特徴とする請求項1または2記載の低 $\text{NO}_x$ 燃焼方法。

【請求項4】 前記燃料は、少なくとも2つ以上の噴射口から分けて噴射され、比表面積を大きくした空気噴流に対して広い面積で衝突させられて当該燃料が強い乱れを以て前記空気噴流と急速に混合されることを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載の低 $\text{NO}_x$ 燃焼方法。

【請求項5】 前記燃料噴流が複数本形成され、前記空気噴流と衝突する前に前記燃料噴流同士が衝突することを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載の低 $\text{NO}_x$ 燃焼方法。

【請求項6】 前記空気噴流が複数本形成され、前記燃料噴流と衝突する前に前記空気噴流同士が衝突することを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載の低 $\text{NO}_x$ 燃焼方法。

【請求項7】 前記燃料噴流並びに空気噴流が複数本形成され、かつ前記燃料噴流と前記空気噴流とが衝突する前に前記空気噴流同士並びに前記燃料噴流同士が衝突することを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載の低 $\text{NO}_x$ 燃焼方法。

【請求項8】 炉内で衝突する前記燃焼噴流と空気噴流との組を複数組形成して大型燃焼場を形成することを特徴とする請求項1から7のいずれかに記載の

低 $\text{NO}_x$  燃焼方法。

【請求項 9】 理論空気量以上の燃焼用空気で燃焼させるバーナにおいて、同一流量の前記燃焼用空気を真円のスロートから供給する場合に比べて比表面積が大きな噴流断面を形成して全量の前記燃焼用空気を炉温が $800^\circ\text{C}$ 以上の炉内へ噴出するエアスロートと、前記エアスロートの噴射口からある距離を隔てた位置で尚かつ前記空気噴流と速度エネルギーを失う前に燃料噴流を衝突させるべく燃料を炉内へ噴射する燃料ノズルとを備えることを特徴とする低 $\text{NO}_x$  バーナ。

【請求項 10】 前記エアスロートの開口の相当直径  $d_e$  と前記エアスロートの中心から前記燃料ノズルの中心までの間隔  $1/2 D_{pcd}$  との比  $d_e / D_{pcd}$  が  $0.1 \sim 0.5$  の範囲であり、かつ燃料噴流軸と前記エアスロートの長手方向の中心軸上平面との交点と前記エアスロートの出口面までの距離  $L_a$  に対する前記エアスロートの相当直径  $d_e$  の比  $L_a / d_e$  が  $2.0 \sim 10.0$  の範囲で燃料を噴射することを特徴とする請求項 9 記載の低 $\text{NO}_x$  バーナ。

【請求項 11】 前記エアスロートは、扁平な矩形状の開口を有することを特徴とする請求項 9 または 10 記載の低 $\text{NO}_x$  バーナ。

【請求項 12】 前記エアスロートは複数の小孔に分割することによって、比表面積を増加できたことを特徴とする請求項 9 または 10 記載の低 $\text{NO}_x$  バーナ。

【請求項 13】 前記エアスロートは、複数の小孔に分割されて各噴流が独立せずに連なるように列状に配置され全体として扁平な断面形状の噴流を形成することを特徴とする請求項 9 または 10 記載の低 $\text{NO}_x$  バーナ。

【請求項 14】 前記複数の小孔は、前記燃料噴流と衝突する前に前記空気噴流同士が衝突する噴流を形成するものであることを特徴とする請求項 12 または 13 記載の低 $\text{NO}_x$  バーナ。

【請求項 15】 前記燃料ノズルは、少なくとも 2 つの噴射口を有し、比表面積が大きくなった空気噴流に対して広い面積で燃料を衝突させることを特徴とする請求項 9 から 14 のいずれかに記載の低 $\text{NO}_x$  バーナ。

【請求項 16】 前記燃料ノズルは少なくとも 2 つの噴口を有し、各噴口から噴出される燃料噴流同士が前記空気噴流と衝突する前に衝突する噴流を形成す

るものであることを特徴とする請求項9から14のいずれかに記載の低NO<sub>x</sub>バーナ。

【請求項17】 前記燃料ノズルは、空気噴流を囲むように複数配置されていることを特徴とする請求項9から16のいずれかに記載の低NO<sub>x</sub>バーナ。

【請求項18】 前記複数本の燃料ノズルは、空気噴流と衝突する前に燃料噴流同士が衝突する噴流を形成するものであることを特徴とする請求項17記載の低NO<sub>x</sub>バーナ。

【請求項19】 空気噴流並びに燃料噴流が複数本形成され、かつ前記空気噴流と前記燃料噴流とが衝突する前にそれぞれ前記空気噴流同士並びに前記燃料噴流同士が衝突する噴流を形成することを特徴とする請求項9から18のいずれかに記載の低NO<sub>x</sub>バーナ。

【請求項20】 前記エアスロットには蓄熱メディアと該蓄熱メディアに対し燃焼排ガスと燃焼用空気とを交互に導く流路切替手段とを備え、前記蓄熱体を通して燃焼排ガス温度に近い高温に予熱された前記燃焼用空気を炉内へ向けて噴射させることを特徴とする請求項9から19のいずれかに記載の低NO<sub>x</sub>バーナ。

【請求項21】 セラミックハニカムを前記蓄熱メディアとして内蔵したことを特徴とする請求項20記載の低NO<sub>x</sub>バーナ。

【請求項22】 前記蓄熱メディアは前記エアスロットに内蔵されると共に、前記流路切替手段は前記エアスロットを構成するバーナ本体に直結し、前記蓄熱メディアの直近で燃焼用空気と排ガスとの切替えを行うことを特徴とする請求項20または21記載の低NO<sub>x</sub>バーナ。

【請求項23】 複数組の前記エアスロットと前記燃料ノズルとを設置して大型燃焼機を構成することを特徴とする請求項9から22のいずれかに記載の低NO<sub>x</sub>バーナ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は低NO<sub>x</sub>燃焼方法及びバーナに関する。更に詳述すると、本発明は、

燃料及び空気の高強度の乱流拡散混合を可能とする低 $\text{NO}_x$ 燃焼方法及びバーナに関する。

【0002】

【従来の技術】

燃焼における $\text{NO}_x$ 生成を抑制する根本的な方法としては、(1)火炎温度を下げる、(2)酸素濃度を低くする、(3)滞留時間を短くすることである。そこで、一般的には、酸素濃度の濃い空気と燃料とを急激に混合させると、火炎に高温域が発生するためサーマル $\text{NO}_x$ が急激に増加すると思われる。このため、 $\text{NO}_x$ の発生を抑制するためには、燃料あるいは燃焼用空気を二段に分けて噴射して所謂濃淡燃焼を起こさせて火炎が高温となるのを防ぐようにしたり、空気と燃料との噴流によって生じる伴流によってバーナ内部で燃焼ガスを強制的に循環させ、この領域での酸素濃度を低下させると共に燃料の希釈を促進させ火炎温度を下げ、 $\text{NO}_x$ 生成量を低くするようにしている。

【0003】

また、近年、省エネルギーのため、蓄熱体を利用して燃焼排ガスの熱を回収しそれを燃焼用空気の予熱に使うことで再び炉内へ投入するリジェネレイティブバーナ（蓄熱バーナとも呼ばれる）が提案されている。このバーナでは、燃焼用空気そのものが1,000℃またはそれ以上に予熱されて $\text{NO}_x$ が増加し易い環境にある。その上、空気と燃料とを噴射直後に衝突させると、上述のごとく酸素濃度の濃い空気と燃料とが急速に混合されて火炎の最高温度を高め $\text{NO}_x$ を急激に増加させると考えられる。

【0004】

そこで、十分な間隔を保って燃料と高温の空気とを平行に炉内へ噴射して、燃料と空気との急激な初期混合を抑制すると同時に、燃料と空気とが混合する前に十分な排ガスを巻き込んで低酸素濃度となってから燃焼を開始させることが試みられている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、常温の空気を用いた濃淡燃焼の場合には空気と燃料とを噴射直

後に衝突させて十分に混合させなければ燃焼させられないので、酸素濃度の濃い空気と燃料との拡散燃焼により火炎の高温域の発生を十分には防ぐことができず、また排ガス再循環燃焼の場合には狭いバーナ内部への排ガスの取り込みが十分なものとはならず、いずれも $\text{NO}_x$ の低減が十分なものとは言えなかった。

#### 【0006】

一方、高温空気を利用する燃焼方法の場合、空気と燃料との可燃混合範囲が増大するため燃焼域が局在せず分散して広がり $\text{NO}_x$ の発生を十分に抑制できるが、その反面十分な間隔を保って燃料と高温の空気とを平行に炉内へ噴射させて低速混合を実現するためには、十分に長い炉内滞留時間を必要とする。このため、狭い炉内・短い炉では燃焼し切れずに未燃分・ $\text{CO}$ が排出されてしまう危険がある。そこで、十分な長さの炉（対を成す燃焼側と排気側のバーナ間の十分な間隔）が必要となり、炉が大型化する問題を有している。

#### 【0007】

本発明は、炉長が短く、しかも炉長が長いときと変わらない平坦な分布の火炎温度が得られると共に完全燃焼して $\text{CO}$ の発生がない低 $\text{NO}_x$ 燃焼方法及びバーナを提供することを目的とする。また、本発明は、省エネルギーや低 $\text{NO}_x$ 性、均一温度分布特性に優れた蓄熱バーナ技術を短い炉長でも適用可能とする低 $\text{NO}_x$ 燃焼方法及びバーナ構造を提供することを目的とする。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

かかる目的を達成するため、本発明者等が種々研究・開発した結果、短炎化のため空気と燃料とを噴射直後に急速に混合（乱流拡散混合）させることは、 $\text{NO}_x$ の発生を急激に増大させると従来思われていたが、空気噴流の比表面積を増大させ尚かつ所定範囲で衝突させる場合には $\text{NO}_x$ の発生を抑制しつつ短炎化できることを知見するに至った。

#### 【0009】

即ち、従来は燃焼用空気と燃料とが高強度の乱流の状態混合を起こすに十分な速度エネルギーを有する間であれば、どこで衝突させても燃焼域が狭まり火炎最高温度を高くして $\text{NO}_x$ の発生を急激に増大させるものと思われていた。特に



、燃焼用空気を燃焼排ガス温度近くの高温に予熱して供給する場合にはそれが顕著になると考えられていた。しかし、本発明者等は、空気噴流の断面形状を変え所定の範囲で衝突させることにより、十分な乱れ強さをもった範囲内で尚かつ酸素濃度が低い状態での燃焼のさせ方が可能となることを知見するに至った。

#### 【0010】

本発明はかかる知見に基づくものであって、請求項1記載の低NO<sub>x</sub>燃焼方法は、理論空気量以上の燃焼用空気で燃焼させる方法において、燃焼用空気を同一流量を真円のスロットから供給する場合に比べて比表面積が大きな噴流断面にして炉温が800℃以上の炉内へ噴射すると共にこの空気噴流に向けて燃料を噴射させ、燃料がその速度エネルギーを失う前に空気噴流に強い乱れを以て急速に混合されるようにしている。

#### 【0011】

この場合、空気噴流の比表面積が大きく広い面積で周りの燃焼ガスと接触しかつ取り込んで行くため、噴射直後から急速に酸素濃度が下がって行き、噴出後もまだ強い乱れを伴う乱流拡散混合に必要なかつ十分な速度エネルギーを有する燃料と衝突する頃には酸素濃度が十分低くなっている。そして、炉内温度が800℃以上という条件では、空気噴流が短い距離で炉内ガスと混合して希釈とともに予熱され空気温度を上げる。そのため、供給空気温度が、保炎機構がない系で安定に燃焼するために必要とされる少なくとも自己着火温度以上の温度よりもはるかに低くても、例えば空気温度400℃であっても、燃料噴流と接触する以前に容易に高温空気燃焼が必要とされる温度即ち、800℃に達する。依って高温空気燃焼で必要条件とされている約800℃以上という空気温度に対しても、供給空気温度が200ないし300℃以上あれば良い。空気噴流の乱流攪拌効果を高めたことにより、従来の空気温度範囲よりも広い温度範囲で燃焼が可能となる。

#### 【0012】

したがって、燃料と空気噴流とが強い乱れを以て急速に混合されても、燃焼用空気の噴流には酸素濃度の高い部分がないことから燃焼域が通常の乱流拡散燃焼時よりも広がりかつ低速混合燃焼時よりも狭まり、低速混合燃焼時よりも短炎でありながら低速混合燃焼時と変わらない局所的な高温域の発生しない平坦な温度

分布の火炎が形成される。

【0013】

また、請求項2記載の発明は、請求項1記載の低NO<sub>x</sub>燃焼方法において、燃焼用空気が蓄熱メディアを介して排気される燃焼排ガスの熱を回収して燃焼排ガスの温度に近い高温に予熱されてから供給されるようにしている。

【0014】

この場合、蓄熱体を介して炉内へ高速で噴出される燃焼用空気は排気ガス温度に近い高温に予熱されるため、炉内へ噴射されるときには既に混合気の自己着火温度以上となっている。したがって、燃料と混合されると同時に燃焼を開始するため、乱流拡散により高い酸素濃度の空気噴流と燃料噴流とを急速に混合させると、狭い範囲内で急激に燃焼して火炎最高温度を上げることとなる。しかしながら、本発明の場合、燃焼用空気と燃料の双方が強い乱れを伴う乱流拡散に必要な十分な速度エネルギーを有するうちに急速に混合されても、燃焼用空気の酸素濃度が十分に低下しているため燃焼域が乱流拡散混合の場合よりも広がり局所的な高温域が発生しない。しかも、高温に予熱された燃焼用空気は高速の流れとなって燃焼室あるいは炉内での燃焼ガスの挙動・循環を活発にし、燃焼室内温度分布を平坦化（局所的な高温域のない平坦な温度分布の燃焼場を形成）する。即ち、燃料と空気の初期混合の促進が図られると共に炉内ガスの循環効果が促進される。

【0015】

また、請求項3記載の発明は、請求項1または2記載の低NO<sub>x</sub>燃焼方法において、燃焼用空気が、全体として扁平で肉厚の薄い噴流に形成されるようにしている。この場合、空気噴流の比表面積の大幅な増加により、燃焼ガスによる希釈効果を一層高めて、燃料と衝突する頃には酸素濃度の高い流れ部分・芯のない噴流を形成する。したがって、十分な乱れ強さをもった範囲内で尚かつ酸素濃度が低い状態で急速に混合させて燃焼させることができる。

【0016】

また、請求項4記載の発明は、請求項1から3のいずれかに記載の低NO<sub>x</sub>燃焼方法において、燃料が、少なくとも2つ以上の噴射口から分けて噴射され、比

表面積を大きくした空気噴流に対して広い面積で衝突させられて当該燃料が強い乱れを以て空気噴流と急速に混合されるようにしている。この場合、空気と燃料との接触面積も広がり、混合がより急速なものとなる。

---

**【0017】**

また、請求項5記載の発明は、請求項1から4のいずれかに記載の低NO<sub>x</sub>燃焼方法において、燃料噴流が複数本形成され、空気噴流と衝突する前に燃料噴流同士が衝突するようにしている。この場合、燃料噴流同士が空気噴流と衝突する前に衝突することによって扁平に広がる噴流が得られることから、空気噴流との接触表面積が増大する結果、燃焼用空気の低温から高温までの広い範囲で着火源の安定化がはかれると同時に燃焼反応が促進されて短炎化が実現される。

---

**【0018】**

また、請求項6記載の発明は、請求項1から4のいずれかに記載の低NO<sub>x</sub>燃焼方法において、空気噴流が複数本形成され、燃料噴流と衝突する前に空気噴流同士が衝突するようにされている。この場合、燃料噴流と衝突する前に空気噴流同士が衝突することによって扁平に広がる平面状噴流が得られることから、炉内高温ガスとの接触表面積が増大する結果、空気噴出部から真円状噴流の場合に比してごく短い距離で燃焼用空気が希釈・予熱され（炉温800℃以上の条件）る。このとき、燃焼用空気が高温で、かつ酸素濃度が十分に低下しているため、その状態で燃料と混合しても供給空気温度の広い範囲で着火源の安定性および局所的な高温域が発生しない燃焼形成が図られると同時に燃焼反応が促進されて短炎化が実現される。

---

**【0019】**

また、請求項7記載の発明は、請求項1から4のいずれかに記載の低NO<sub>x</sub>燃焼方法において、燃料噴流並びに空気噴流が複数本形成され、かつ燃料噴流と空気噴流とが衝突する前に空気噴流同士並びに燃料噴流同士が衝突するように設けられている。この場合、空気噴流と衝突する前に燃料噴流同士が衝突することによって扁平に広がる平面状噴流が得られることから、燃料と炉内高温ガスとの接触表面積が増大する結果、燃料噴出部から真円状噴流の場合に比してごく短い距離で燃料噴流が希釈・予熱され（炉温800℃以上の条件）る。このとき、燃料

が高温で、かつ発熱量が十分に低下しているため、その状態で前記燃焼用空気（すなわち燃料噴流と衝突する前に空気噴流同士が衝突することによって扁平に広がる平面状噴流であることにより燃焼用空気が高温で、かつ酸素濃度が十分に低下している）と混合しても供給空気温度の広い範囲で着火源の安定性および局所的な高温域が発生しない燃焼状態形成が図られると同時に燃焼反応が促進されて短炎化が実現される。

#### 【0020】

更に、請求項8記載の発明は、請求項1から7のいずれかに記載の低 $\text{NO}_x$ 燃焼方法において、炉内で衝突する前記燃焼噴流と空気噴流との組を複数組形成して大型燃焼場を形成するようにしている。

#### 【0021】

また、請求項9記載の発明は、理論空気量以上の燃焼用空気では燃焼させる低 $\text{NO}_x$ バーナにおいて、同一流量の燃焼用空気を真円のスロートから供給する場合に比べて比表面積が大きな噴流断面を形成して全量の燃焼用空気を炉内へ噴出するエアスロートと、エアスロートの噴射口からある距離を隔てた位置で尚かつ空気噴流と速度エネルギーを失う前に燃料を衝突させるべく燃料を炉内へ噴射する燃料ノズルとを備えるようにしている。この場合、比表面積が大きな形状の空気噴流が形成されるため、広い面積で周りの燃焼ガスと接触しかつ取り込んで噴射直後から急速に酸素濃度が下がって行く。そして、燃料と衝突する頃には、酸素濃度が十分低くなっていると共に燃料噴流も噴出後まだ強い乱れを伴う乱流拡散混合に必要なかつ十分な速度エネルギーを有することから、燃料噴流と空気噴流との衝突によって両者は急速に混合される。依って、燃焼域が通常の乱流拡散燃焼時よりも広がりかつ低速混合燃焼時よりも狭まり、低速混合燃焼時よりも短炎でありながら低速混合燃焼時と変わらない局所的な高温域の発生しない平坦な温度分布の火炎が形成される。

#### 【0022】

また、請求項10記載の発明は、請求項9記載の低 $\text{NO}_x$ バーナにおいて、エアスロートの開口の相当直径 $d_e$ とエアスロートの中心から燃料ノズルの中心までの間隔 $1/2 D_{pcd}$ との比 $d_e / D_{pcd}$ が $0.1 \sim 0.5$ の範囲であり、かつ燃

料噴流軸とエアスロートの長手方向の中心軸上平面との交点とエアスロートの出口面までの距離 $L_a$ に対するエアスロートの相当直径 $d_e$ の比 $L_a/d_e$ が2.0~10.0の範囲で燃料を噴射するようにしている。この範囲内にエアスロートと燃料ノズルとが配置される場合、強い乱れを伴う乱流拡散混合に必要なかつ十分な速度エネルギーを燃料が有しながら尚かつ燃焼用空気の酸素濃度が十分に低い状態となって燃料噴流と空気噴流とが衝突させられる。

#### 【0023】

また、請求項11記載の発明は、請求項9または10記載の低 $\text{NO}_x$ バーナにおいて、エアスロートが、扁平な矩形状の開口を有するようにしている。この場合、空気噴流の比表面積が真円の場合に比べて飛躍的に増加して排ガス循環による希釈効果を一層高めるため、 $\text{NO}_x$ の発生が更に抑制される。

#### 【0024】

また、請求項12記載の発明は、請求項9または10記載の低 $\text{NO}_x$ バーナにおいて、エアスロートを複数の小孔に分割することによって、比表面積を増加できた。この場合、単一の真円から成るエアスロートに比べて容易に比表面積が大幅に増えると共に火炎の散在による温度の平坦化が可能となる。

#### 【0025】

また、請求項13記載の発明は、請求項9または10記載の低 $\text{NO}_x$ バーナにおいて、エアスロートが、複数の小孔に分割されて各噴流が独立せずに連なるように列状に配置され全体として扁平な断面形状の噴流を形成するようにしている。この場合、扁平な矩形スロートの場合と同様に比表面積が真円のエアスロートの場合に比べて増大し、酸素濃度の低下がより急速なものとなる。

#### 【0026】

また、請求項14記載の発明は、請求項12または13記載の低 $\text{NO}_x$ バーナにおいて、複数の小孔は、燃料噴流と衝突する前に空気噴流同士が衝突する噴流を形成するものであるようにしている。この場合、複数の小孔は燃料噴流と衝突する前に空気噴流同士が衝突することによって扁平に広がる複数の平面状噴流が得られることから、炉内高温ガスとの接触表面積が単一の平面状噴流の場合に比べて大幅に増大する結果、空気噴出部から真円状噴流の場合に比して極めて短い

距離で燃焼用空気が希釈・予熱され（炉温 800℃以上の条件）る。このとき、燃焼用空気が高温で、かつ酸素濃度が十分に低下しているため、その状態で燃料と混合しても供給空気温度の広い範囲で着火源の安定性および局所的な高温域が発生しない燃焼形成が図られると同時に燃焼反応が一層促進されて顕著に短炎化が実現される。しかも、扁平エアスロートを用いずとも、空気噴流同士の衝突によって扁平断面を有する噴流を形成することができ、扁平エアスロートの噴流がもたらすものと同じ効果を得ることができる。

## 【0027】

また、請求項 15 記載の発明は、請求項 9 から 14 のいずれかに記載の低 NO<sub>x</sub>バーナにおいて、燃料ノズルが、少なくとも 2 つの噴射口を有し、比表面積が大きくなった空気噴流に対して広い面積で燃料を衝突させるようにしている。この場合、燃料との接触面積が広がり、乱流拡散による混合がより急速なものとなる。

## 【0028】

また、請求項 16 記載の発明は、請求項 9 から 14 のいずれかに記載の低 NO<sub>x</sub>バーナにおいて、燃料ノズルが少なくとも 2 つの噴口を有し、各噴口から噴出される燃料噴流同士が空気噴流と衝突する前に衝突する噴流を形成するようにしている。この場合、燃料噴流同士が空気噴流と衝突する前に衝突することによって扁平に広がる噴流が得られることから、空気噴流との接触表面積が増大する結果、燃焼用空気の低温から高温までの広い範囲で着火源の安定化がはかられると同時に燃焼反応が促進されて短炎化が実現される。

## 【0029】

また、請求項 17 記載の発明は、請求項 9 から 16 のいずれかに記載の低 NO<sub>x</sub>バーナにおいて、燃料ノズルが、空気噴流を囲むように複数配置されるようにしている。この場合も、燃料との接触面積が広がり、乱流拡散による混合がより急速なものとなる。

## 【0030】

また、請求項 18 記載の発明は、請求項 17 記載の低 NO<sub>x</sub>バーナにおいて、複数本の燃料ノズルは、空気噴流と衝突する前に燃料噴流同士が衝突する噴流を

形成するようにしている。この場合、燃料噴流同士が空気噴流と衝突する前に衝突することによって扁平に広がる噴流が得られることから、空気噴流との接触表面積が増大する結果、燃焼用空気の低温から高温までの広い範囲で着火源の安定化がはかれると同時に燃焼反応が促進されて短炎化が実現される。

【0031】

また、請求項19記載の発明は、請求項9から18のいずれかに記載の低NO<sub>x</sub>バーナにおいて、空気噴流並びに燃料噴流が複数本形成され、かつ空気噴流と燃料噴流とが衝突する前にそれぞれ空気噴流同士並びに燃料噴流同士が衝突する噴流を形成するようにされている。この場合、空気噴流と燃料噴流とが衝突する前にそれぞれ空気噴流同士並びに燃料噴流同士が衝突する噴流を形成することによって扁平に広がる複数の燃料及び燃焼用空気平面状噴流が得られることから、炉内高温ガスとの接触表面積が単一の燃料及び燃焼用空気平面状噴流の場合に比べて飛躍的に増大する結果、燃料及び燃焼用空気噴出部それぞれから極めて短い距離で燃料及び燃焼用空気が希釈・予熱され（炉温800℃以上の条件）る。このとき、燃料が高温で、かつ発熱量が十分に低下し、かつ燃焼用空気が高温で酸素濃度が十分に低下しているため、その状態で燃料と燃焼用空気が混合しても供給空気温度の広い範囲で着火源の安定性および局所的な高温域が発生しない燃焼形成が図られると同時に燃焼反応が飛躍的に促進されて従来の高負荷燃焼に匹敵する短炎化が実現される。

【0032】

また、請求項20記載の発明は、請求項9から19のいずれかに記載の低NO<sub>x</sub>バーナにおいて、エアスロートに蓄熱メディアと該蓄熱メディアに対し燃焼排ガスと燃焼用空気とを交互に導く流路切替手段とを備え、蓄熱体を通して燃焼排ガス温度に近い高温に予熱された燃焼用空気を炉内へ向けて噴射させるようにしている。この場合、燃料噴流が衝突する際の燃焼用空気は燃焼排ガス温度に近い高温で混合気の自己着火温度以上となっていることから燃料と混合されると同時に燃焼を開始するが、酸素濃度が極めて低くなっているため通常の乱流拡散燃焼時よりも燃焼域が広がり、通常乱流拡散燃焼時よりも局所的な高温域が発生しない。

## 【0033】

また、請求項21記載の発明は、請求項20記載の低NO<sub>x</sub>バーナにおいて、セラミックハニカムを蓄熱メディアとして内蔵するようにしている。ここで、ハニカムのセル数は10～200セル/in<sup>2</sup>であることが好ましい。この場合、ナゲットやブロックなどを充填した蓄熱体に比べて遙かに低圧損のため、すすなどが発生してもそれらによる閉塞や汚れによる性能低下が極めて起りにくい。また、圧損が少ない分だけ低供給動力で燃焼用空気を高速にして炉内へ噴射することができるため、炉内ガスを活発に攪拌し炉内温度分布の均一化を一層助けてNO<sub>x</sub>の発生を抑制すると共に、蓄熱メディア内を乱れなく高速で流れる空気あるいは排ガスと蓄熱体との間の対流伝熱を良好にすると共に薄いセル厚さによりナゲット等の蓄熱体の場合に比べて極めて短時間で温度変化に追従することから、蓄熱体としての能力を十分に利用した状態での高速切替を可能にして熱交換の温度効率を高め、炉内温度の昇温あるいは降下を短時間で実現を可能とすると共により高温の予熱空気を供給させて省エネルギー効果を上げる。

## 【0034】

また、請求項22記載の発明は、請求項20または21記載の低NO<sub>x</sub>バーナにおいて、バーナ本体のエアスロートに蓄熱メディアを内蔵すると共に、該バーナ本体に流路切替手段を直結し、バーナ本体の直近で燃焼用空気と排ガスとの切替を行うようにしている。この場合、バーナ切替時の給気・排気の送気遅れ時間を最少化できる。即ち、蓄熱メディアと流路切替手段との間のダクト分のパージ容積が不要となる分だけそこに残留する排ガス量も少なくなり、切替時のパージ用空気の量が極微量となるため、切替時に排ガスのパージに要するデッドタイムを短くして高速切替を可能とするため、燃料噴射のタイムラグをほとんど無くし消火と同時に対を成す他方のバーナを着火することができる。このため、バーナの実稼動率を上げる一方、炉圧変動を小さく抑えることができる。

## 【0035】

更に、請求項23記載の発明は、請求項9から22のいずれかに記載の低NO<sub>x</sub>バーナにおいて、エアスロートと燃料ノズルとを複数組設置して大型燃焼機を構成するようにしている。この場合、エアスロートと燃料ノズルを収容するスロ



ートとを必要に応じて複数組、例えば環状に配置したり、縦あるいは横に一直線上に配置したり若しくは放射状に配置するだけで必要に応じて大型の燃焼機を構成できる。

---

**【0036】****【発明の実施の形態】**

以下、本発明の構成を図面に示す実施の形態の一例に基づいて詳細に説明する。

**【0037】**

図1に本発明の低 $\text{NO}_x$ 燃焼方法を実施する低 $\text{NO}_x$ バーナの一例を示す。この実施形態のバーナ1は、蓄熱メディアを介して空気の供給と燃焼ガスの排気とを交互に行う蓄熱型バーナとして構成したものであり、2基で一对を成し、燃焼と排気を数十秒間のインターバルで交互に繰返すように燃焼が燃焼制御装置（17図示省略）で制御されている。燃焼排ガスは休止中のバーナ内を通過し、バーナに内蔵されたハニカム状蓄熱メディア2に熱を与えることにより冷却されて流路切替手段たる切換弁（三方弁）3を経由して、排風機（図示省略）を通過して煙突等に至る。燃焼排ガスは、一方、蓄熱バーナ1では各々内蔵した蓄熱メディア2で排ガスから回収した熱によって燃焼空気を予熱する。そして、この高温予熱空気をを使って乱流拡散燃焼を行う。

**【0038】**

各蓄熱バーナ1は、例えば図1及び図2に示すように、蓄熱メディア2と、第2の燃料ノズル11と、流路切替手段たるフラップ式三方弁（スイッチバルブ）3及びこれらを支持するバーナ本体10並びに必要に応じて第1の燃料ノズル12とから構成され、耐火耐熱物から成るバーナ本体10に蓄熱メディア2と第2の燃料ノズル11及び第1の燃料ノズル12とを内蔵している。そして、バーナ本体10の後端にはフラップ式三方弁3が直結され、バーナ本体によって形成されるエアスロート13に収容されている蓄熱メディア2との間にできるだけ空間を開けないように三方弁3を配置して蓄熱メディア2の直近で燃焼用空気と排ガスとの切替えを行うように設けられている。

**【0039】**

ここで、フラップ式三方弁は、図 1 に示すように、バーナ本体 1 0 に直結されるハウジング 1 7 と、このハウジング 1 7 内に設置されてバーナ本体 1 0 に連結されたポート 1 4 を除く 2 つのポート 1 5, 1 6 を開閉するフラップ 1 9 とこれを 2 つのポート 1 5, 1 6 の間で揺動させる切替シャフト 1 8 と、該切替シャフト 1 8 をハウジング 1 7 の外で駆動するアクチュエータ（図示省略）とから構成されている。ハウジング 1 7 は、バーナ本体 1 0 に直結される座を含む 3 つの座を有し、各座部分にポート 1 4, 1 5, 1 6 が形成され、一方のポート 1 5 には燃焼用空気の供給系統のダクト 2 0 が、他方のポート 1 6 には排気系統のダクト 2 1 がそれぞれ連結されている。

#### 【0040】

このように構成されたフラップ式三方弁 3 の内部空間 S は、フラップ 1 9 が揺動し得る最小の空間から成り、給気と排気との切替時にパージする容積を極めて小さして残留する排ガスを空気に入れ換えるための時間を短くし、パージのための時間が燃焼の切替時間に占める割合を小さくする。加えて、三方弁 3 と蓄熱メディア 2 とは近接して設けられており、排ガスから燃焼用空気への切替時に三方弁 3 から蓄熱メディア 2 にかけて残存する排ガスの量が極微量であり、バーナ本体 1 0 と三方弁 3 とを繋ぐべきダクト分のパージ容積が不要となる分だけパージ時間とパージガス量を少なくできる。しかして、残留する排ガスを空気と入れ替える時間を短くできるので高速切替を可能とする。このため一方の蓄熱バーナを消火するのとほぼ同時に他方の蓄熱バーナを着火することができ、温度効率を上げてより高温の予熱空気での燃焼を実現でき省エネルギー効果を高める。

#### 【0041】

また、第 2 の燃料ノズル 1 1 は、図示していないが必要に応じてパイロットバーナ等を備え、取り外すことができるようにバーナ本体 1 0 に装着されている。この燃料ガンの後端には図示していないが燃料遮断用電磁弁などを含む燃料ガンアセンブリが備えられる。

#### 【0042】

この第 2 の燃料ノズル 1 1 は、エアスロート 1 3 の出口 1 3 a からある距離を隔てた位置に所定の傾きを以て配置され、空気噴流と燃料噴流とが噴射口から離

れた所定範囲で衝突させられるように設置されている。

【0043】

ここで、衝突位置を定める所定範囲とは、燃料が噴射・速度エネルギーを失わないで尚かつ空気噴流が十分に排ガスを巻き込んで酸素濃度を低くした位置を意味する。

【0044】

具体的には空気噴射口及び燃料噴射口に近い所で空気噴流と衝突させるべく燃料を噴射するように設けられている。例えば本実施形態の場合、図3に示すように、定格運転時に主に燃料を噴射するノズル即ち第2の燃料ノズル11は、エアスロート13の相当直径（面積を円に換算したときの直径） $d_e$ とエアスロート13の中心から燃料ノズルの中心までの間隔 $1/2 D_{pcd}$ との比 $d_e / D_{pcd}$ が0.1～0.5の範囲で、かつ燃料噴流軸とエアスロートの長手方向の中心軸上平面との交点とエアスロート13の出口面までの距離 $L_a$ に対するエアスロートの相当直径 $d_e$ の比が2.0～10.0の範囲で設定されることが好ましい。この場合、強い乱れを伴う乱流拡散に必要な速度エネルギーを燃料が有しながら尚かつ燃焼用空気の酸素濃度が十分に低い状態となって燃料噴流と空気噴流とが衝突させられる。尚、図中の符号 $\alpha$ は第2の燃料ノズルから噴射される燃料の衝突噴射角度である。

【0045】

この第2の燃料ノズル11から噴射される燃料の噴流はその速度エネルギーを失う前即ち噴射エネルギーが大きく衰えない乱れ強さの強い乱流であるうちに空気噴流と衝突して十分な乱れ強さをもった状態で速やかに混合され、低速混合の場合よりも短い火炎を形成する。しかも、長い火炎となる低速混合の場合と変わらない低 $NO_x$ 性を有する。

【0046】

また、燃焼用空気は、同一流量を真円のスロートから供給する場合に比べて比表面積が大きな噴流断面を形成するように噴出される。例えば、エアスロートの噴射口の形状を非円形にして円形よりも比表面積を大きくしたり、噴流同士を衝突させて流体干渉によって扁平状断面を有する噴流を形成する。より好ましくは

、全体として肉厚の薄い・芯（酸素濃度の高い部分・流れ）のない空気噴流を形成して比表面積をより大きくすることである。具体的には図2に示すような矩形、図5に示すような扁平な楕円、多数の小孔に分割されて散在する円形あるいは図4に示すような小孔が一直線上に配置されることによって全体として扁平な矩形、楕円などの噴流断面が形成される。この場合、炉内ガスを短い時間で巻き込み、酸素濃度が速く下がって行くので、噴射エネルギー・速度エネルギーの強い状態の燃料と衝突する頃には酸素濃度が十分低くなっている。

## 【0047】

燃料ノズルは2つあるいはそれ以上設けられることが好ましい。燃料ノズルから噴射される燃料は所有するエネルギーが小さい。このことから噴射された後に直ぐにエネルギーを失う。したがって、噴射ノズル数を多くして広い範囲に広がるように噴射させれば、比表面積が大きくなった空気噴流に対して広い面積で燃料が衝突することによって、バーナからより短い距離において強い乱れを伴う乱流拡散混合を起こせる。即ち、比表面積を広くした空気噴流のできるだけ全域に燃料が強い乱れを以て噴きつけられるようにすることが好ましい。この観点から、燃料ノズルも2本以上設けられることが好ましく、より好ましくは空気噴流を囲むように配置されることである。

## 【0048】

ここで、空気噴流の噴流直後からの速度低下は、その開口形状にも左右される。例えば、扁平な矩形状エアスロット13を例にとると、矩形の短い辺の長さを $a$ 、長い辺を $b$ 、相当直径 $d_e$ としたとき、 $a$ は $d_e$ の $1/2$ ないし $1/5$ 程度に設計すると、 $La/d_e=2$ とは $La/a$ では4ないし10となる。初期速度が同じであれば速度減衰は $La/a$ で表されることから、本混合形式はその値が大きいことがわかる。

即ち、速度減衰の値が大きいということは、噴出後同一距離で比較すると、炉内ガスの巻き込みを促進させたことを意味する。したがって、ノズル近傍で、高温排ガスによる空気流の希釈は所定の条件（例えば、高温空気燃焼を成立させるのに必要な空気中酸素濃度の値例えば10%以下）に達するので、その領域に燃料を噴出させることが出来る。

## 【0049】

同様に、燃料も燃料噴流径 $df$ と燃料噴流が空気噴流と接触するまでの距離 $Lf$ により速度低下が定まる。したがって、燃料噴流がその衝突エネルギーを失う前とは、例えば空気噴出後短い距離で高温空気燃焼を成立させる場合には、 $Lf/df$ がおおよそ100ないし200以内で空気流に接触衝突することを表す。ここで、速度減衰を大きくすることは、高温空気燃焼を成立させる上で好ましいことは公知であるが、そのようなノズルは一般に火炎が浮力の影響を受けやすく加熱炉にはあまり適さないと見られていた。しかし、今般、見出した範囲であれば、火炎が浮力の影響を受けることなく、混合は効果的に促進された。その結果、単一の円形ノズルの場合よりも、よりバーナから近い位置で燃料と空気を混合させるようにしても、従来であれば顕著に生じていた急激な $NO_x$ 発生もなく、しかも火炎の長さは効果的に短炎化された。これは、燃料と空気の接触位置が従前よりもバーナ寄り即ち噴口寄りとなったので、衝突混合時の燃料噴流の乱流乱れ強さが大きい状態で混合が開始するようになったことが主因であろうと思われる

#### 【0050】

また、バーナ本体10は、先端開口13aが蓄熱メディア2を収容する部分よりも絞られて扁平な矩形状に形成されたエアスロート13を有している。そして、このエアスロート13からは、定格運転（炉内温度800℃以上）時に通常燃焼時の流速またはこれよりも高流速で理論空気量以上、例えばガス燃料の場合には空気比 $m=1\sim 1.2$ 程度低過剰空気比、好ましくは $1.03\sim 1.15$ 、最も好ましくは $1.1$ 程度の燃焼用空気が炉内へ向けて噴射される。燃焼用空気はエアスロート13の開口13aの形状に倣って扁平な矩形状に整形されてから炉内へ噴射される。このため、燃料噴流に対して広い面積で衝突することとなる。同時に、このスロート形状によれば、バーナ本体10を構成する耐火耐熱物によって蓄熱メディア2が覆われることから、炉内からの輻射熱に対して蓄熱メディア2を保護することができる。

#### 【0051】

エアスロート13の開口（噴射口）13aの形状は、最も好ましくは、図2に示すような細長いスリット状の矩形に形成されることである。しかし、エアスロート13の開口13aの形状は、図示の扁平な矩形状に特に限定されず、図5に

示すような楕円形や、図4に示すような小孔に分割された円形あるいは図示していないその他の比表面積が増大する形状例えば星形、繭形、正方形、三角形などの形状が必要に応じて適宜採用される。また、噴射口の形状そのものは場合によっては円形でも良いが、この場合には図4に示すように噴射口を多数の小さな円孔に分割して一列状に並べることによって、実質的にスリット形状のスロートから噴射されるのとはほぼ同様の矩形状の空気噴流を形成するように設けることが好ましい。これらの場合、比表面積の大きな噴流が形成されれば、排ガスの巻き込みが活発となり短い距離で燃料と混合されても混合直前の位置での酸素濃度は十分に低くなっている。

#### 【0052】

この所定の空気流速は、図示していない送風機、排風機並びにエアスロート13の大きさ等を適切に設計することによって得られる。このエアスロート13の先端の開口13aの大きさを変えることで、燃焼用空気の噴射速度（運動量）を自由にコントロールすることができ、火炎の形状及び性状を変えることができる。

#### 【0053】

尚、本実施形態の場合、蓄熱メディア2を装填した1本のエアスロート13に対し2本の第2の燃料ノズル11を対称に配置して1ユニットのバーナを構成しているがこれに特に限定されず、1本のエアスロート13に対し1本の燃料ノズル11を、あるいは1本のエアスロート13に対し3本以上の燃料ノズル11を配置して1ユニットのバーナを構成するようにしても良い。例えば、バーナが大型でエアスロート13が細長い矩形の場合には、燃料を空気噴流に均等に衝突させるため、図2に示すようにエアスロート13を挟んで2本の第2の燃料ノズル11を対称に配置して空気噴流を挟むように燃料を噴射するようにしているが、更には片側に2本ずつ配置して計4本配置することもある。燃料ノズルの数及び噴射口の数多くすることが好ましく、例えば空気噴流を囲むように複数配置されたり、少なくとも2つの噴射口を有し、比表面積が大きくなった空気噴流に対して広い面積で燃料を衝突させるように設けられる。

#### 【0054】

また、蓄熱メディア2は、その材質、構造については特に限定を受けるものではないが、比較的圧力損失が低い割に熱容量が大きく形成できるハニカム形状、特に耐久性の高い材料、例えばセラミックスで成形されたハニカム形状のセル孔を多数有する筒体の使用が好ましい。この場合、蓄熱容量の割に圧損が低いため、送風機及び排風機の能力を特別に上げずとも給気と排気とが実施可能である。例えば100mmAq以下の低圧損で実現できる。また、蓄熱メディア2としては、例えば、排ガスのように1000℃前後の高温流体と燃焼用空気のように20℃前後の低温流体との熱交換には、コーザイトやムライト、アルミナ等のセラミックスを材料として押し出し成形によって製造されるハニカム形状のものの使用が好ましい。また、ハニカム形状の蓄熱メディア2は、その他のセラミックスやセラミックス以外の素材例えば耐熱鋼等の金属あるいはセラミックスと金属の複合体例えばポーラスな骨格を有するセラミックスの気孔中に溶融した金属を自発浸透させ、その金属の一部を酸化あるいは窒化させてセラミックス化し、気孔を完全に埋め尽くした $Al_2O_3-Al$ 複合体、 $SiC-Al_2O_3-Al$ 複合体などを用いて製作しても良い。尚、ハニカム形状とは、本来六角形のセル（穴）を意味しているが、本明細書では本来の六角形のみならず四角形や三角形のセルを無数にあけたものを含む。また、一体成形せずに管などを束ねることによってハニカム形状の蓄熱メディアを得るようにしても良い。尚、ハニカム形状とは、本来六角形のセル（穴）を意味しているが、本明細書では本来の六角形のみならず四角形や三角形のセルを無数にあけたものを含む。また、一体成形せずに管などを束ねることによってハニカム形状の蓄熱メディアを得るようにしても良い。

#### 【0055】

また、蓄熱メディア2の形状も特に図示のハニカム形状に限定されず、図示していないが筒状のメディアケースに平板形状や波板形状の蓄熱材料を放射状にあるいは環状に配置したり、パイプ形状の蓄熱材料を軸方向に流体が通過するように充填したり、ボール状やナゲット状の蓄熱材を充填したり、更にはパンチングメタルのような多数の孔を穿孔した板材・耐熱鋼板等を単独であるいは積層するように収納したものであっても良い。

## 【0056】

尚、本実施形態の蓄熱バーナ1に用いられる蓄熱メディア2は、ハニカム状のセラミック（セル数10～200セル/ $\text{in}^2$ ）であり、この小ブロック（50mm□～200mm□×50mmh）が通常4～10段垂直に重ねられて用いられる。ハニカム状の通路の中を排ガスと空気が短時間例えば約30秒毎に交互に逆方向に流れる。このようにハニカム内の流れに、局所的な乱流域や低流速がない往復動のため、すすなどが発生してもそれらが付着したり堆積することは少ない。このため長期使用においても蓄熱体の清掃や交換の必要はなく、メンテナンスが不要であることも特長である。

## 【0057】

以上のように構成されたバーナによれば例えば次のように操業される。

## 【0058】

まず、炉内温度が常温から決められた温度（高温燃焼が実施可能な温度で、例えば800℃程度以上）にまで昇温する間は、立ち上げ用の第1の燃料ノズル12及び必要あれば定格運転用の第2の燃料ノズル11から燃料を噴射してバーナを運転する。所定温度へ達した後は、定格運転用の第2の燃料ノズル11だけからの燃料噴射に切り替えて第1の燃料ノズル12からの燃料噴射を停止する。勿論、場合によっては第1及び第2の双方の燃料ノズル11、12から燃料を噴射することもある。そして、フラップ式三方弁を動作させて交互燃焼運転を行う。

## 【0059】

交互燃焼は、例えば2セットの隣接するバーナ同士でペア（AバーナおよびBバーナ）を組み、一方のバーナが燃焼モードの時、他方のバーナは排気モード（炉内の燃焼ガスを吸引し炉外へ排出する）となる。排気はバーナ本体10のエアスロート13から蓄熱メディア2を経て、排ガスの顕熱を蓄熱メディア2で回収して低温にしてから行われる。そして燃焼時に、蓄熱メディア2に燃焼空気を通すことで、炉内燃焼ガス温度に近い高温の予熱空気が得られる。第2の燃料ノズル11は燃焼空気の供給とほぼ同一タイミングで燃料を供給する。通常、定格運転時に炉内へ直接燃料を噴射する第2の燃料ノズル11にはパイロットバーナが組み込まれず一次空気を使用しないが、第1の燃料ノズル12などで冷却のため



空気を流す場合にはこの冷却用空気を含めて全体に理論空気比未満の空気比となるように供給空気量と燃料量とが調整されている。また、フラップ式三方弁3と同期して一对のバーナの各ガス電磁弁は開閉する。

---

**【0060】**

ここで、蓄熱メディアに対する排ガス及び燃焼用空気の流れを相対的に切り替えて該蓄熱メディアを通して燃焼排ガスの排気と燃焼用空気の給気とが交互に行なわれることによって、燃焼用空気が排ガスの温度に近い高温に予熱されてから供給され燃焼に供される。燃焼用空気は定格運転時において通常燃焼時の流速またはこれよりも高流速で噴射させられると共にこの空気噴流に向けて燃料を噴射させ、空気噴流の出口からある距離を隔てた位置で燃焼用空気と燃料を高速で衝突させて急速に混合させられる。ここで、定格運転時とは、例えば炉内温度が800℃以上に達した状態における燃焼時などの、設計前提条件を満たしている運転を意味する。

**【0061】**

このとき、第2の燃料ノズル11から高速度で噴射される燃料と、エアスロート13から高速度で噴射される燃焼用空気とは、それらの間の相似則を保ちながらエアスロート13の出口13aからある距離 $L_a$ を隔てた位置で衝突し、乱流拡散により急速に混合して燃焼を起こす。ここで、通常燃焼時の流速またはこれよりも高流速でかつ高温の燃焼用空気噴流と燃料噴流とが炉内への噴射直後に激しく衝突して急速に混合され、拡散燃焼すると共に周囲の燃焼ガスを随時取り込んで還元させ低 $\text{NO}_x$ 化すると共に炉内のガス流動を激しくして局所高温域のない平坦な温度分布を形成する。

---

**【0062】**

そして、一对の蓄熱バーナ1の燃焼モードと排気モードの切替は、所定の切替時間例えば約30秒毎に行われる。燃焼するバーナの切替は、各ペア間でタイミングをずらし、順次行うことにより、炉内圧力の変動を最小限にすることが好ましい。いずれの場合にも、Aバーナ燃焼とBバーナ燃焼の間には休止時間と呼べるほどのものは設けられておらず、切替運転用燃料弁はAバーナの閉止とほぼ同時にBバーナが開放される。即ち、バーナ本体10とフラップ式三方弁3とが直

結された本実施形態の場合、切替時間にはバージ時間が極めて短時間（例えば消火して反対側のバーナに着火するまでが0.3秒以内のバージ時間）しか採られず、消すと同時に対となる相手側のバーナが着火するように設けられている。これによって、炉圧変動をほぼ1/4程度に小さく抑えることができると共にバーナの実稼動率を上げることができる。

#### 【0063】

ここで、三方弁3の切替は、予め決められた切替時間に基づいて行っても良いが、熱電対で測定される排ガス温度によって切替られることもある。排気温度は常温付近から例えば200℃ないし300℃の間で管理されることが好ましい。

#### 【0064】

尚、交互燃焼は上述したように対を成すバーナが固定される場合に限られず、順次ペアを組む相手バーナを変更するようにしても良い。例えば、図示していないが、図1のバーナを単位ユニットとして3ユニット以上で燃焼システムを構成すると共に燃焼させるバーナの台数と燃焼を停止させて排気に利用するバーナの台数との比率を可変とし、ユニットが固定的な対を組まないで順次全ユニットが交互燃焼を繰り返すように燃焼するバーナの数よりも排気に利用するバーナの数も多くさせても良い。この場合、全てのユニットのバーナが時間をずらして尚かつ切替の際のバージ時間をできるだけなくして燃焼するため、広い範囲で非定着火炎を形成しながら交互燃焼を成立させることができる。したがって、図1に示す実施形態の交互燃焼バーナシステムよりも火炎の非定在化が進み、炉内温度分布がより均一化される。また、燃焼量を小さくしても燃焼バーナの数減らすことによってエアスロートから噴出される燃焼用空気の色度を高速に維持でき、初期混合を良好な状態に維持すると共に炉内ガスの流動を活発に保持して、NO<sub>x</sub>の抑制を図りつつ局所的な高温域の発生を抑制した平坦な炉内温度分布を形成可能とする。ここで、燃焼バーナと排気バーナの色度が異なっても、供給空気量と排気量との関係は変わらない。即ち、燃焼バーナと排気バーナとの台数比率が1:1であっても1:2であっても、1行程内でみれば、空色の流れる量も排気量も変わらない。ただし、燃焼バーナの色率が減ればその分だけ空気時間の比率が減ることとなり、蓄熱体の中を流れる流体速度は空色のときは速く、排気の色ときは

遅くなり、冷却の伝熱の方が良好となるため、蓄熱体の効率は良くなる傾向となる。即ち、加熱空気の温度が上がり、排気温度が下がる傾向となる。

#### 【0065】

図6～図8に他の実施形態を示す。この実施形態は、例えば、本構成条件を大型装置に適用した代表的な例（高温熱風発生設備）を示すものである。このバーナ装置には、エアスロート13と定格運転時に使用する第2の燃料ノズル11とが環状に交互に配置され、全体で1つの大型燃焼機が構成されている。本実施形態の場合、6箇所の矩形状（扁平な小判型）のエアスロート13と6本の第2の燃料ノズル11とが交互に環状に相互に接近させて設置されることによって1つの大型燃焼機を構成するようにしている。尚、図中の符号12は立ち上げ用のパイロットバーナ付き第1の燃料ノズル、31はウィンドボックス、32は炉内である。

#### 【0066】

このバーナ装置においても、第2の燃料ノズル11は、エアスロート13の相当直径 $d_e$ とエアスロート13を挟む2つの燃料ノズル間隔 $D_{pcd}$ との比 $d_e / D_{pcd}$ が0.1～0.5の範囲で、かつ燃料噴流軸とエアスロートの長手方向の中心軸上平面との交点とエアスロート出口面までの距離 $L_a$ に対するエアスロートの相当直径 $d_e$ の比 $L_a / d_e$ が2.0～10.0の範囲で設定される。

#### 【0067】

そして、燃焼用空気はウィンドボックス31に導入され、各蓄熱メディア2を経て各々のエアスロート13の出口13aから炉内へ通常燃焼時の流速またはこれよりも高流速で噴射され、周辺の第2の燃料ノズル11から噴射される燃料がエアスロート13の出口からある間隔を隔てた近い位置例えば上述の各範囲を満たす位置で高速に衝突させられ、急速に混合される。

#### 【0068】

また、図11～図13に他の実施形態を示す。この実施形態は、燃料ノズルに複数の燃料噴射口（小孔）あるいは複数の燃料ノズルが、噴射される燃料噴流同士が空気噴流と衝突する前に衝突するように配置されて設けられたものである。この場合、燃料噴流同士が空気噴流と衝突する前に衝突することによって扁平に

広がる噴流が得られることから、空気噴流との接触表面積が増大する結果、燃焼用空気の低温から高温までの広い範囲で着火源の安定化がはかれると同時に燃焼反応が促進されて短炎化が実現される。

---

【0069】

燃料ノズルは、例えば図12の(A)及び(B)に示すように、少なくとも2箇所の噴射口が、エアスロート開口13aから等距離に開口されると共に互いの燃料噴流同士が空気噴流と衝突する前に衝突するように形成されている。このような燃料ノズル11が少なくとも1本、好ましくは2本以上で例えば矩形状の開口13aのエアスロート13の周りに配置されている。図12の実施形態の場合、2本の燃料ノズル11がエアスロート13を挟むように対向配置されているが、図12に示すように4本を対向配置させても良いしそれ以上の本数を配置しても良い。また、燃料ノズルの少なくとも2箇所の噴射口は、例えば図13に示すように、エアスロート開口13aから異なる距離に開口され、互いの燃料噴流同士が衝突してから空気噴流と衝突するように形成されることも可能である。この場合、燃料噴流同士の衝突によって燃料噴流が空気噴流と平行に膜状に拡がり、その後空気噴流と衝突するため、空気噴流との接触表面積がより一層増大して燃焼用空気の低温から高温までの広い範囲で着火源の安定化がはかれると同時に燃焼反応が促進されて一層の短炎化が実現される。

【0070】

また、図14～図15に他の実施形態を示す。この実施形態は、空気噴流が複数本形成され、燃料噴流と衝突する前に空気噴流同士が衝突するようにされたものである。この場合、空気噴流と燃料噴流とが衝突する前にそれぞれ空気噴流同士並びに燃料噴流同士が衝突する噴流を形成することによって扁平に広がる複数の燃料及び燃焼用空気平面状噴流が得られることから、炉内高温ガスとの接触表面積が単一の燃料及び燃焼用空気平面状噴流の場合に比べて飛躍的に増大する結果、燃料及び燃焼用空気噴出部それぞれから極めて短い距離で燃料及び燃焼用空気が希釈・予熱され（炉温800℃以上の条件）る。このとき、燃料が高温で、かつ発熱量が十分に低下し、かつ燃焼用空気が高温で酸素濃度が十分に低下しているため、その状態で燃料と燃焼用空気が混合しても供給空気温度の広い範囲で着

火源の安定性および局所的な高温域が発生しない燃焼形成が図られると同時に燃焼反応が飛躍的に促進されて従来の高負荷燃焼に匹敵する短炎化が実現される。

# 【 0 0 7 1 】

エアスロート 1 3 は、例えば図 1 4 の (A) ~ (C) に示すように、噴射口 1 3 a が 6 箇所小さな円孔に分割し尚かつ各噴流が独立せずに連なるように接近させて一列に並べられることによって、実質的に矩形状のスロート開口から噴射されるのとほぼ同様の扁平な矩形状の空気噴流を形成するように設けられている。さらに、各円孔 1 3 a は斜めでかつ 1 つおきに逆方向となるように形成され、隣同士の空気噴流が衝突しその後燃料噴流と衝突するように形成されている。ここで燃料噴流は、図示のように空気噴流に対して離れた箇所で分けられて衝突するように形成されても良いし、図 1 1 ~ 図 1 3 に示すように燃料噴流同士が衝突してから空気噴流と衝突するように形成して燃料噴流と空気噴流とが衝突する前に空気噴流同士並びに燃料噴流同士が衝突するように設けるようにしても良い。さらに、燃料ノズル 1 1 の数は特に限定されず、図 1 5 に示すように本数が多くなるほどに燃料分散効果が顕著となり、着火源の安定化がはかれると同時に燃焼反応が促進されて一層の短炎化が実現される。

# 【 0 0 7 2 】

なお、上述の実施形態は本発明の好適な実施の一例ではあるがこれに限定されるものではなく本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々変形実施可能である。例えば、本実施形態では、一对のバーナを交互に燃焼させる燃焼方法について主に説明したが、これに特に限定されるものではなく、同一バーナを連続的に燃焼させる方式の蓄熱バーナ構造とすることも可能である。即ち、別々に独立したエアスロート 1 3 と排気通路とを設け、排気通路から連続して炉内ガスを排出する。一方、エアスロートから高温予熱された燃焼用空気を連続供給して連続燃焼させることも可能である。この場合、蓄熱メディアに対して排ガスと燃焼用空気とを連続的に途切れることなく通過させることが必要となるので、例えば蓄熱メディアをエアスロート 1 3 の外に配置して回転させ、あるいは蓄熱メディアに対して排ガス流路と空気流路とを回転させるかあるいは切り替え、燃焼排ガスと燃焼用空気とを相対移動する蓄熱メディアに対して異なる領域・位置で同時に通過

させるようにしている。これによって、蓄熱メディアの加熱された部分に空気が流されて高温に予熱されることとなる。

#### 【0073】

また、本実施形態では、バーナ本体10内に蓄熱メディアを内装した蓄熱式バーナを例に挙げて主に説明したがこれに特に限定されるものではなく、蓄熱メディアをバーナ本体の外に設置したり、あるいは蓄熱メディアを介さずに燃焼用空気の供給と燃焼ガスの排気を行う非蓄熱型のバーナであっても良い。

#### 【0074】

また、本実施形態ではフラップ式三方弁3を流路切替手段として用いた場合について主に説明したが、この三方弁に特に限定されるものではなく、その他の構造の三方弁や、複数の電磁弁の組み合わせや四方弁などの使用が可能である。また燃料についても、ガス燃料に限らず、オイル燃料あるいはオイル・ガス燃料を併用することも可能である。

#### 【0075】

##### 【発明の効果】

以上の説明より明らかなように、請求項1並びに9記載の発明の低 $\text{NO}_x$ 燃焼方法及びバーナによると、同一流量を真円のスロートから供給する場合に比べて比表面積が大きな噴流断面を形成するため、周りの燃焼ガスの空気噴流への拡散が活発となり、噴射直後から急速に酸素濃度が下がって行き、燃料と衝突する頃には酸素濃度が十分低くなっていることから、燃料と空気とが強い乱れを以て急速に混合されても、燃焼用空気の噴流には酸素濃度の高い部分がなく燃焼域が広がり局所的な高温域の発生しない平坦な温度分布の火炎が形成される。しかも、強い乱れを伴う乱流拡散混合により速やかに混合するため低速混合時に比べて遙かに短炎となる。

#### 【0076】

即ち、短い火炎長さで完全燃焼する。図9に示す実験結果からも明らかなように、同じ発生熱量の場合、火炎長さが短くなる。例えば330Kwのバーナ出力の場合、空気と燃料とを一定の間隔を保って平行に炉内へ噴射し低速混合させる（ $La/de=\infty$ ,  $\alpha=0^\circ$ ）時には完全燃焼時の可視火炎長さが約7m必要としている

のに対し、本発明のバーナ並びに燃焼方法のように噴射口から一定範囲内 ( $d_e/D_{pcd} = 0.1 \sim 0.5$ ,  $La/d_e = 5.0$ ,  $\alpha = 20^\circ$ ) で衝突させる場合には火炎長さは約 5.2 m しか必要としない。したがって、その分だけ炉長を短くできるし、炉長が短くても完全燃焼して CO も発生しない。しかも、炉長が長いときと変わらない火炎温度が得られる。その上  $NO_x$  の発生も図 10 に示す実験結果より明らかのように低くすることができる。例えば、11%  $O_2$  低いレベル換算で、空気比  $m = 1.03$  の場合で 50 ppm 程度に、 $m = 1.1$  で 80 ppm 以下と極めて低くできる。尚、 $d_e/D_{pcd}$  の値は、火炎長さには大きな影響を与えないので、0.1 ~ 0.5 の範囲において火炎長さは大きく変わらない。

#### 【0077】

この燃料と空気との混合は、請求項 10 記載のバーナによって容易に実現される。この範囲内にエアスロートと燃料ノズルとが配置される場合、強い乱れを伴う乱流拡散混合に必要なかつ十分な速度エネルギーを燃料が有しながら尚かつ燃焼用空気の酸素濃度が十分に低い状態となって燃料噴流と空気噴流とが衝突させられる。

#### 【0078】

また、請求項 2 及び 20 記載の低  $NO_x$  燃焼方法並びにバーナの場合、蓄熱メディアを介して混合気の自己着火温度以上の高温（排気ガス温度に近い高温）に予熱された燃焼用空気の酸素濃度を十分に低くして強い乱れを伴う乱流拡散混合に必要なかつ十分な速度エネルギーを有する燃料と衝突させるようにしているので、 $NO_x$  の発生を抑えつつ同じ発熱量を少ない燃料量で得ることができる省エネルギー効果を奏する。即ち、省エネルギー効果の高い蓄熱バーナを乱流拡散燃焼に適用することができる。これによって、火炎長を 10 ~ 30 % 程度短くすることが可能となると共に、炉出口の排ガス温度を排ガスの酸露点近い温度まで下げることができ、従来バーナに比べ 30 % 以上の省エネルギー化が可能となる。また高温空気燃焼によって発生  $NO_x$  量の低減率も従来型に比べ 50 % 以下にすることができ、燃焼場での温度分布が非常に平坦化される。

#### 【0079】

また、この低  $NO_x$  バーナによると、大型のレキュペレータを使用する場合に

比べて設備的にも簡素化される。

【0080】

更に、本発明によると、空気と燃料を高速に混合しつつ、なおかつ火炎中に局所的な高温領域が形成されることのない燃焼が実現される。よって非常に高温熱風を耐火物許容最高限界近くで効果的に発生させることが出来る。

【0081】

また、請求項3および11記載の発明の低NO<sub>x</sub>燃焼方法及びバーナによると、空気噴流の比表面積が真円の場合に比べて飛躍的に増加して排ガス循環による希釈効果を一層高めるため、NO<sub>x</sub>の発生が更に抑制される。

【0082】

また、請求項12及び13記載の発明の低NO<sub>x</sub>バーナによると、扁平な矩形スロートの場合と同様に空気噴流の比表面積が真円の場合に比べて飛躍的に増加して排ガス循環による希釈効果を一層高めるため、NO<sub>x</sub>の発生が更に抑制される。

【0083】

また、請求項4及び15並びに17記載の発明の低NO<sub>x</sub>燃焼方法及びバーナによると、燃料噴流と空気噴流との接触面積が増大して空気と燃料との混合を良好なものとする。

【0084】

また、請求項5および16並びに18記載の発明の低NO<sub>x</sub>燃焼方法及びバーナによると、燃料噴流同士が空気噴流と衝突する前に衝突することによって扁平に広がる噴流が得られることから、空気噴流との接触表面積が増大する結果、燃焼用空気の低温から高温までの広い範囲で着火源の安定化がはかれると同時に燃焼反応が促進されて短炎化が実現される。

【0085】

また、請求項6および14記載の発明の低NO<sub>x</sub>燃焼方法及びバーナによると、扁平状の空気噴流が短い時間・距離で効果的に形成される。このため、炉内ガスとの接触面積が効果的に増え、炉内ガスで希釈・予熱され、燃料と混合されると同時に局所高温域を発生させずに安定して燃焼して短炎を形成する。



## 【0086】

また、請求項7および19記載の発明の低NO<sub>x</sub>燃焼方法及びバーナによると、燃料自体も短い時間・距離で炉内ガスとの接触面積が効果的に増え、希釈されて実効発熱量が落ちるため、局所的高温域の発生を防いでNO<sub>x</sub>の発生を抑えることができる。

## 【0087】

また、請求項22記載の発明の低NO<sub>x</sub>バーナによると、バーナ切換時の給気・排気の送気遅れ時間及びパージ量を最少化して高速切換を可能としているので、燃料噴射のタイムラグをほとんど無くし消火と同時に対を成す他方のバーナを着火することができる。このため、バーナの実稼動率を上げる一方、炉圧変動を小さく抑えることができる。

## 【0088】

また、請求項21の発明によると、ナゲットやブロックなどを充填した蓄熱体に比べて遙かに低圧損のため、蓄熱体としての能力を十分に利用した状態での高速切換を可能にして熱交換の温度効率を高め、炉内温度の昇温あるいは降下を短時間で実現を可能とすると共により高温の予熱空気を供給させて省エネルギー効果を上げる。

## 【0089】

更に、請求項8並びに23記載の発明の場合、空間をより効率的に活用した配置を採ることにより燃焼装置の大型化の要請に容易に応えることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明の低NO<sub>x</sub>燃焼方法を実施する無酸化バーナの一実施形態を示す中央縦断面図である。

## 【図2】

図1のバーナの正面図である。

## 【図3】

図1のバーナの燃焼用空気噴流と燃料噴流との適切な衝突位置を示す説明図である。

【図 4】

エアスロートと燃料ノズルの他の実施形態を示す正面図及び断面図である。

【図 5】

エアスロートと燃料ノズルの更に他の実施形態を示す正面図及び断面図である。

【図 6】

本発明の低 $\text{NO}_x$ 燃焼方法を実施する無酸化バーナの他の実施形態を示す中央縦断面図である。

【図 7】

図 6 のバーナのエアスロートと燃料ノズルとの配置関係を示す図で、(A) は正面図、(B) は断面図である。

【図 8】

図 6 のバーナの燃焼用空気噴流と燃料噴流との衝突関係を示す説明図である。

【図 9】

従来の層流拡散燃焼法による火炎長さと本発明の燃焼法による火炎長さとを比較した実験結果を示すグラフである。

【図 10】

$\text{NO}_x$ 発生量と  $L a / d e$  比との関係を空気比ごとに実験した結果を示すグラフである。

【図 11】

エアスロートと燃料ノズルの他の実施形態を示す図で、(A) は正面図、(B) は縦断面図である。

【図 12】

エアスロートと燃料ノズルの更に他の実施形態を示す図で、(A) は正面図、(B) は縦断面図である。

【図 13】

燃料ノズルの他の実施形態を示す正面図である。

【図 14】

エアスロートと燃料ノズルの更に他の実施形態を示す図で、(A) は正面図、

(B) は縦断面図、(C) は A - A 線断面図である。

【図 1 5】

エアスロートと燃料ノズルの更に他の実施形態を示す図で、(A) は正面図、

(B) は縦断面図、(C) は A - A 線断面図である。

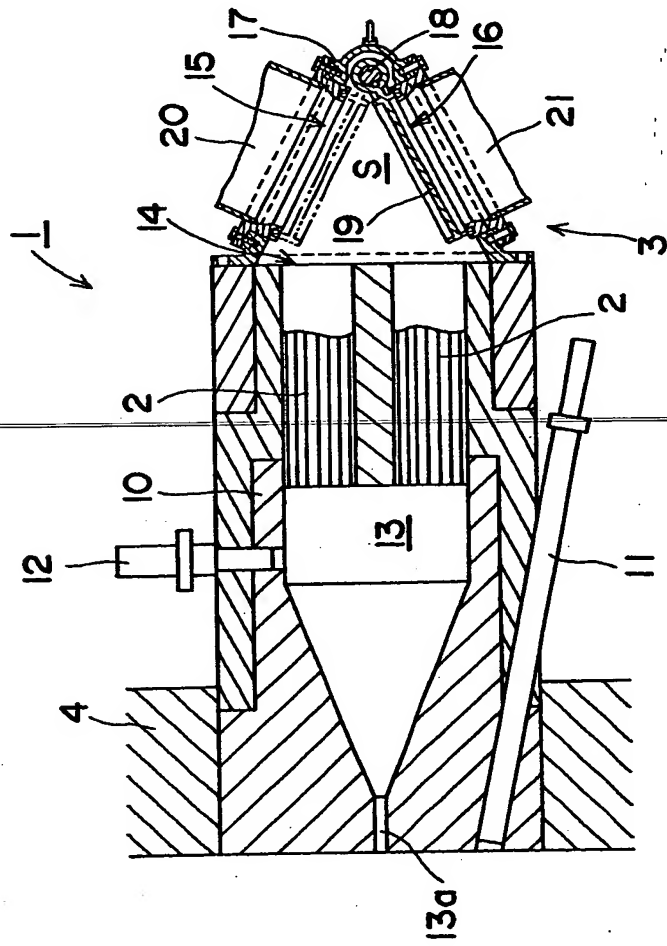
【符号の説明】

- 1 蓄熱バーナ
- 2 蓄熱メディア
- 3 フラップ式三方弁 (流体切替手段)
- 4 炉
- 1 0 バーナ本体
- 1 1 第 2 の燃料ノズル (燃料ノズル)
- 1 3 エアスロート
- 1 3 a エアスロートの出口
- d e エアスロートの相当直径
- $1/2 D_{pcd}$  エアスロートの中心から燃料ノズルの中心までの間隔
- L a エアスロート出口面から燃料噴流と空気噴流とが衝突する位置までの間隔

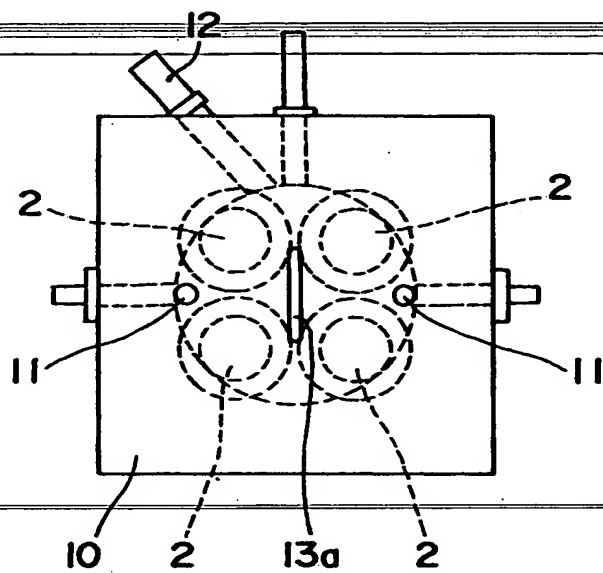
【書類名】

図面

【図 1】

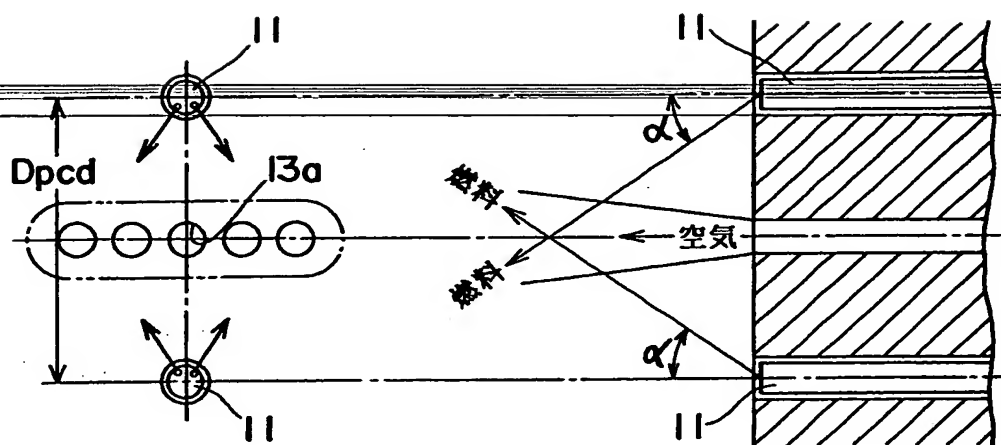


【図2】

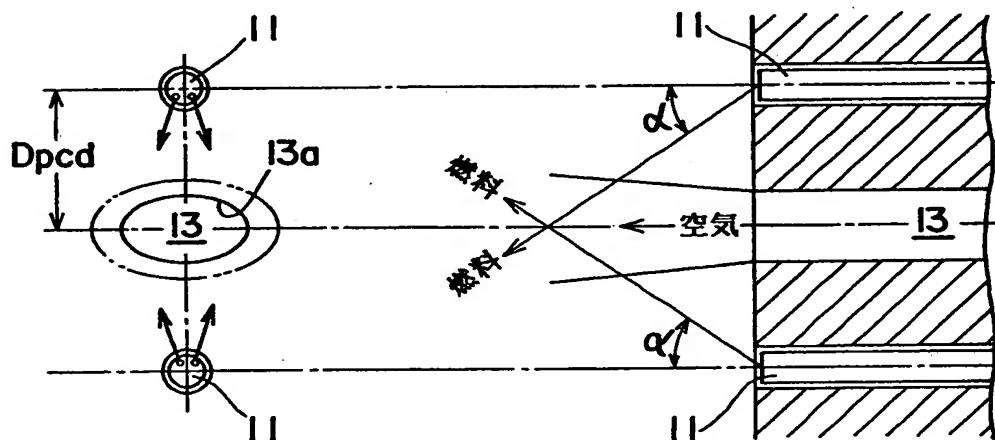




【図 4】



【図 5】

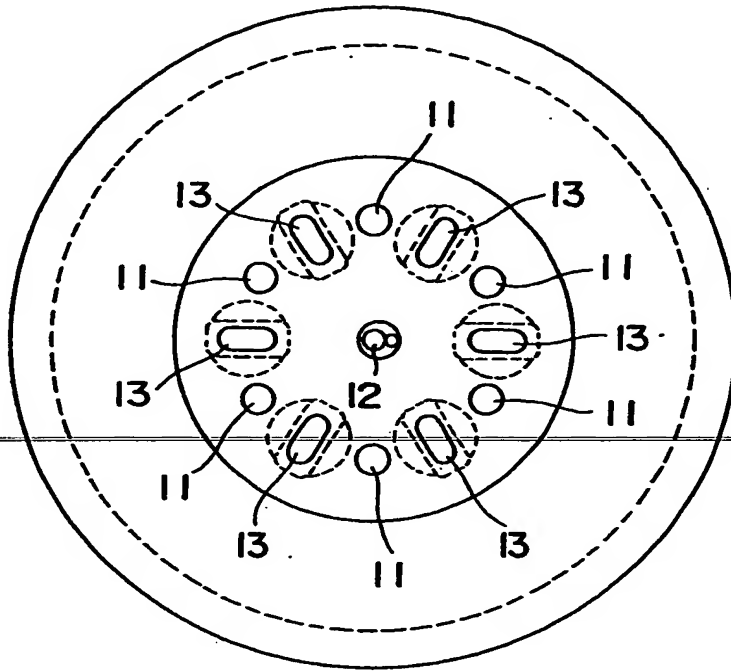




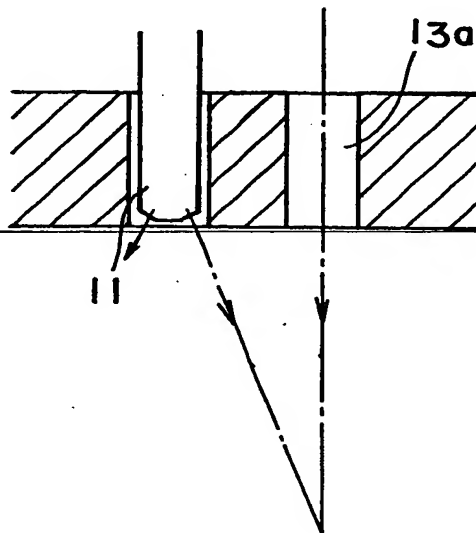


【図7】

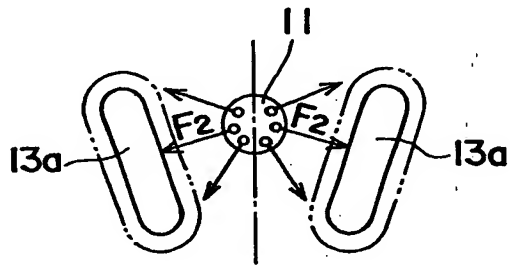
(A)



(B)

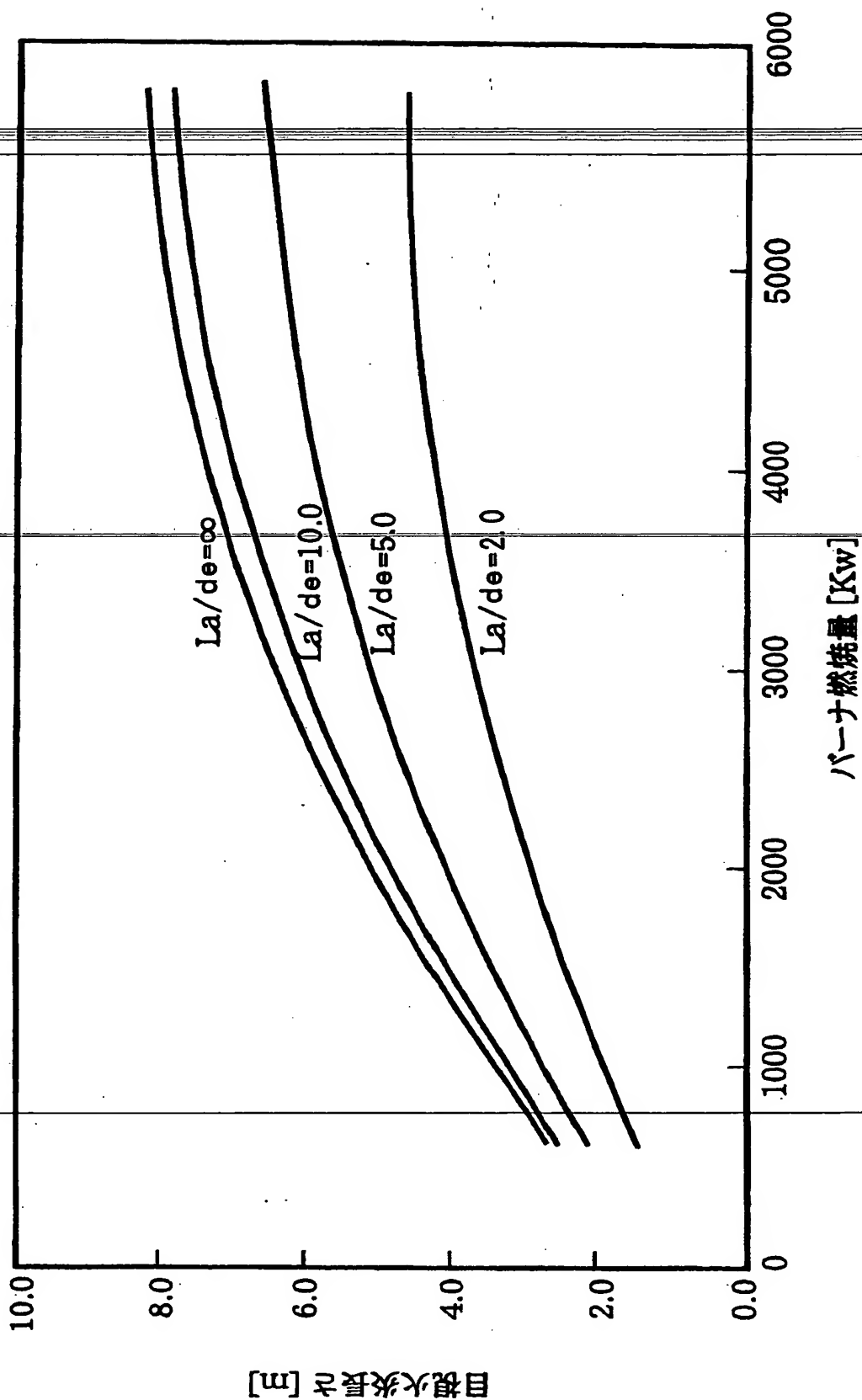


【図 8】

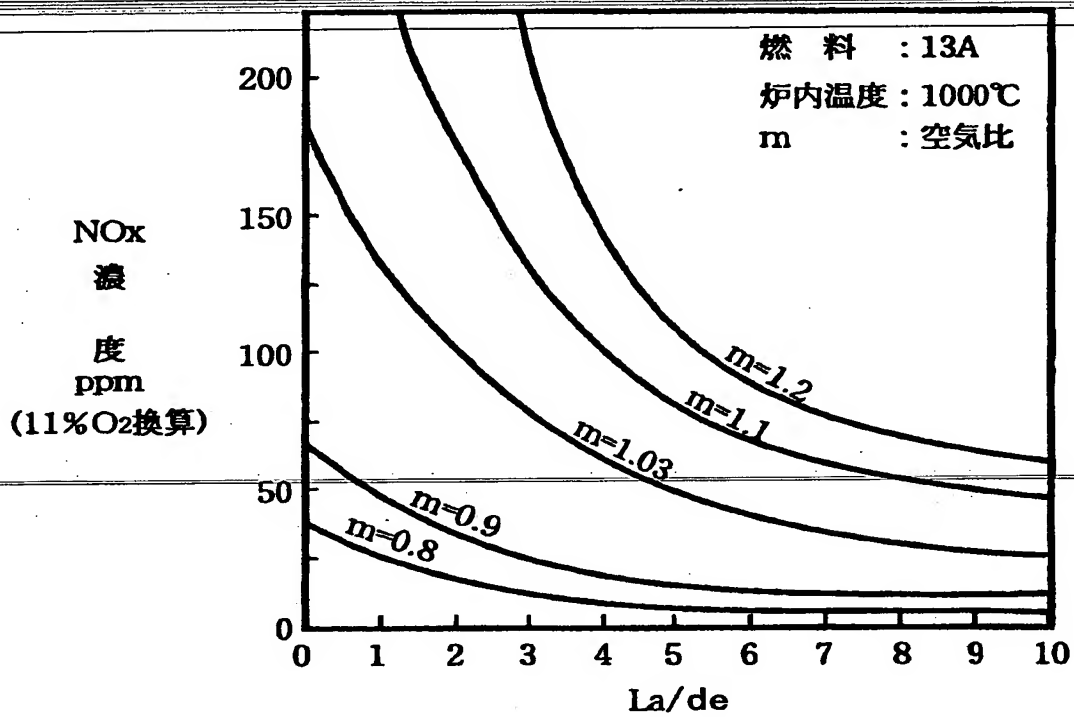


【図 9】

バーナ燃焼量と目視火炎長さの関係

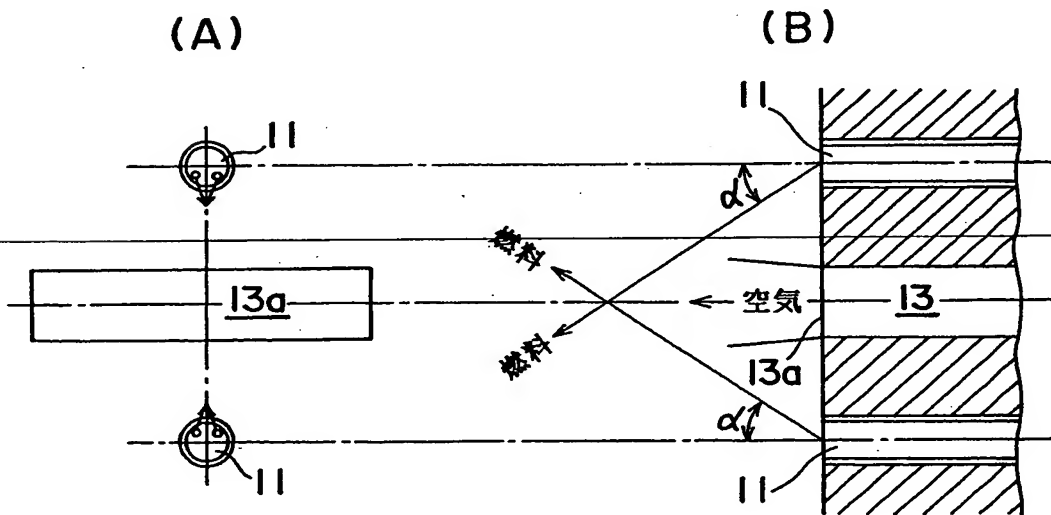


【図10】

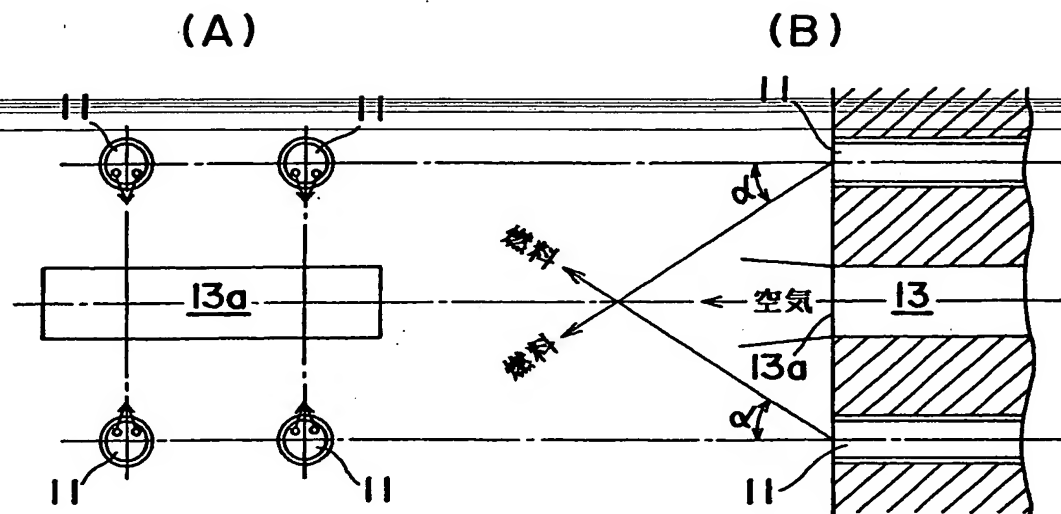


NOx濃度とLa/deの関係

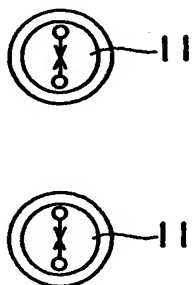
【図11】



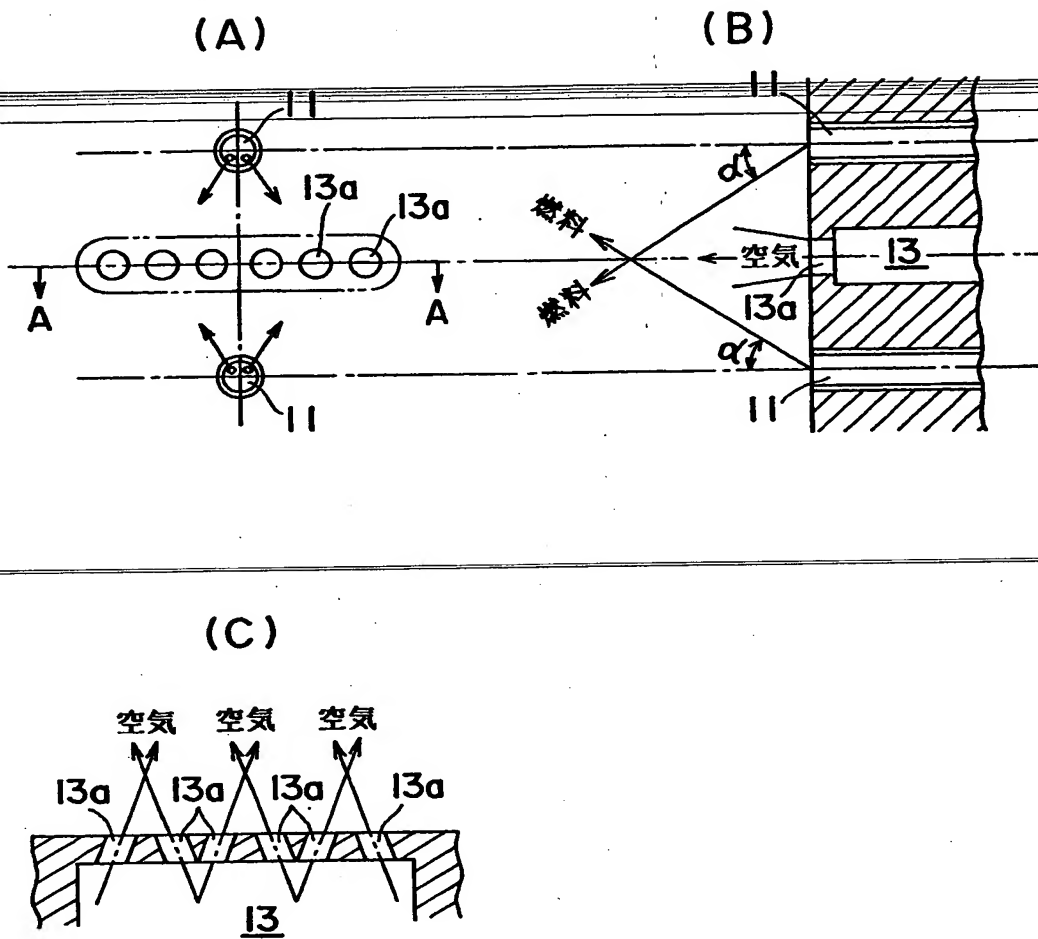
【図 12】



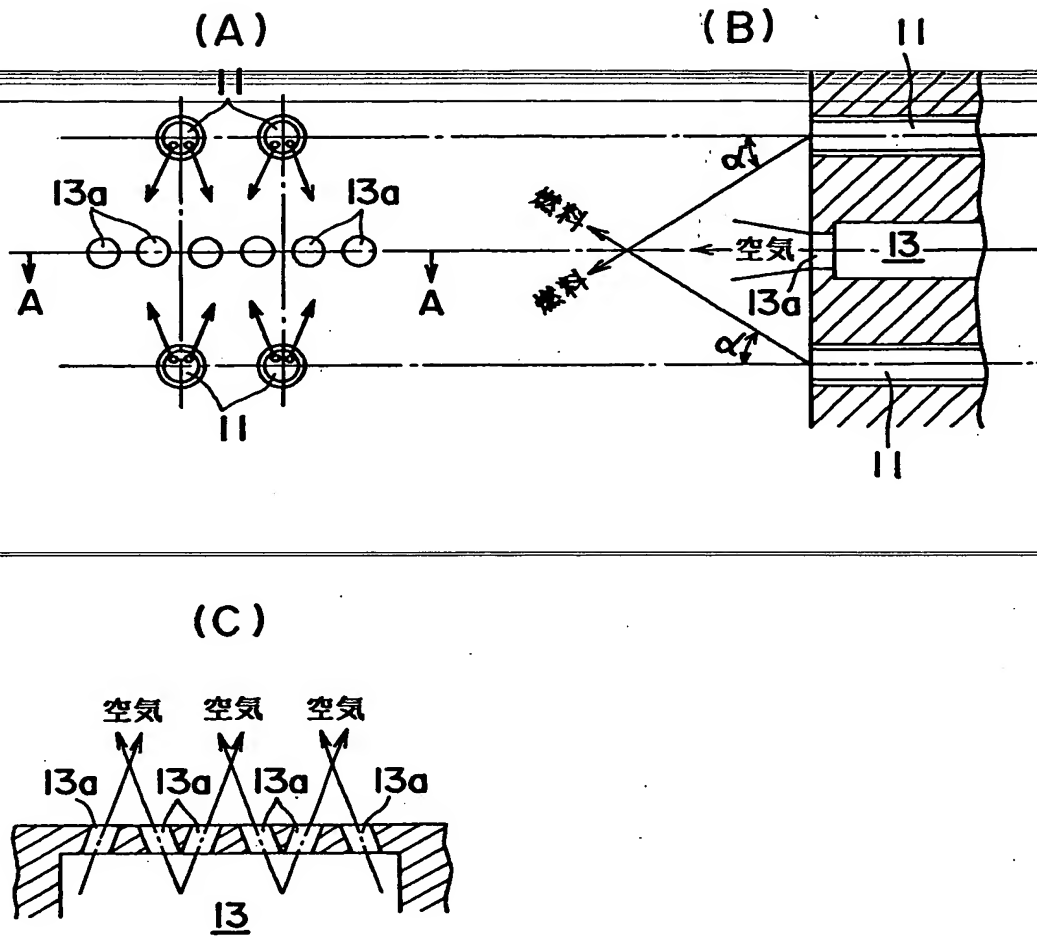
【図 13】



【図 14】



【図15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 炉長が短くても、炉長が長いときと変わらない平坦な分布の火炎温度を形成してなおかつ完全燃焼させる。また、蓄熱バーナ技術を短い炉長でも適用可能とする。

【解決手段】 理論空気量以上の燃焼用空気を真円のスロートから同一流量だけ供給する場合と比べて比表面積が大きな噴流断面を形成するように炉内へ噴射すると共にこの空気噴流に向けて燃料を噴射させ、燃料がその速度エネルギーを失う前に空気噴流に強い乱れを以て急速に混合されるようにしている。具体的には、エアスロート13の開口部13aの相当直径 $d_e$ とエアスロート13の中心から燃料ノズル11の中心までの間隔 $1/2 D_{pcd}$ との比 $d_e / D_{pcd}$ が0.1～0.5の範囲であり、かつ燃料噴流軸とエアスロート13の長手方向の中心軸上平面との交点とエアスロートの出口面までの距離 $L_a$ に対するエアスロートの相当直径 $d_e$ の比 $L_a / d_e$ が2.0～10.0の範囲で燃料を噴射するようにエアスロート13と燃料ノズル11とを配置し、より好ましくはエアスロート13が扁平な矩形状の開口13aを有するようにしている。

【選択図】 図3



出 願 人 履 歴 情 報

---

識別番号

[000229748]

1. 変更年月日 1990年 8月 7日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県横浜市鶴見区尻手2丁目1番53号

氏 名 日本ファーンネス工業株式会社

---

**This Page Blank (uspto)**